

6.Eligehausen R., Claysnitzer W. Analytisches Modell zur Beshreibung des Tragverhalten, Report № 4/1-83/3 // Institut fuhr Werkstoffe im Baum Wesen. – Universität Stuttgart, 1983.

7.Bazant Z.P., Ozbolt J. Nonlocal Microplane Model for Fracture. Damage and size Effect in Structures // Journal of Engineering Mechanics Asce. – v. 116. – № 11. – 1990.

8.Eligehausen R., Malle R., Silva J. Ancorage in concrete construction, Ernst&Sohn, Berlin, 2006. – 75 p.

9.Бензимхон Дж. Исследование характеристик анкерных болтов в зоне растяжения бетона и в зонах с трещинами // Дж. Бензимхон, М. Комбетг // Отчет научно-технического строительного центра. – Париж, 1989. – 198 с.

10.ET AG № 001. GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPRO VAL OF METAL ANCHORS FOR USE IN CONCRETE, BRÜSSELS, 1997.

11.Eligehausen R., Hoehler M. Testing of post-installed fastenings to concrete structures in sesmic regions // Conference Proceedings of the fib Sumposuum on Concrete Structures in sesmic Region. – Athens, Creece, 2003. – PP.37-42.

12.Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий. – М.: Москомархитектура, 2002. – 97 с.

13.Технический справочник. – 3-е изд. – Fischerwerke Artur Fischer GmbH&Co. KG, D-72178 Waldachtal, 2006. – 375 с.

Получено 11.11.2011

УДК 624.012

В.С.БАБИЧ, канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ПРАКТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПРОГИНІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ЗА ДСТУ Б В.2.6-156:2010

Запропонована методика практичного розрахунку прогинів залізобетонних балок згідно нових норм проектування та розроблено алгоритм такого розрахунку. Наведено приклад визначення прогину залізобетонної балки.

Предложена методика практического расчета прогибов железобетонных балок согласно новых норм проектирования и разработан алгоритм такого расчета. Приведен пример определения прогиба железобетонной балки.

Practical technique of calculation of bends in reinforced concrete beams according to the new design standards is offered and developed algorithm of this calculation. An example of determining bending reinforced concrete beams is proposed.

Ключові слова: залізобетонні балки, прогини, розрахунок.

Основні положення проектування залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи передбачають визначення прогинів балок правилами будівельної механіки у залежності від осьових деформаційних (жорсткісних) характеристик залізобетонного елемента у перерізах за його довжиною. Оскільки прогини в балках, в основному, залежать від згинальних деформацій, то їх можна визначити за кривизною [1]. Ґрунтуючись на загальному виразі для деформаційних характеристик, значення кривизни балок можна визначити за формулою [2]

$$\chi = \xi \chi_{II} + (1 - \xi) \chi_I, \quad (1)$$

де χ – кривизна елемента; χ_{II} , χ_I – кривизни, які визначаються для стану перерізів відповідно “без тріщин” та “із тріщинами”; ξ – коефіцієнт, зниження жорсткості у перерізі при розтягу, який визначається за виразом

$$\xi = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2; \quad (2)$$

β – коефіцієнт, що враховує вплив тривалості навантаження або повторюваного навантаження на середню деформацію навантаження ($\beta = 1$ – для окремого короткочасного навантаження; $\beta = 0,5$ – для постійних навантажень або багатьох циклів повторення навантаження); σ_s – напруження в розтягнутій арматурі; σ_{sr} – напруження в розтягнутій арматурі за умов навантаження, що викликає появу першої тріщини.

У виразі (2) допускається відношення σ_s / σ_{sr} замінити відношенням M / M_{cr} , де M – діючий момент в перерізі від зовнішньої експлуатаційного навантаження; M_{cr} – момент тріщиноутворення.

В правилах проектування [2] не наводиться конкретна методика визначення σ_{sr} або M_{cr} , а в основних положеннях для цього задаються тільки умови [1]. З огляду на наведене, для практичного використання основних положень важливо розробити методику та алгоритм розрахунку залізобетонних балок за деформаціями. Ці задачі вирішуються в даній статті.

Визначення σ_{sr} і M_{cr} . Проектування залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи практично повністю запозичене з Єврокоду-2 [3, 4]. Згідно з [1] напруження в арматурі σ_{sr} і момент тріщиноутворення можна визначити за умови, що деформації розтягу в бетоні досягають граничного значення, рівного

$$\varepsilon_{ctu} = - \frac{2f_{ctm}}{E_{ck}}, \quad (3)$$

де ε_{ctu} – граничні деформації розтягу в бетоні; f_{ctm} – характеристичне значення міцності бетону на осьовий розтяг; E_{ck} – характеристичне значення початкового модуля пружності бетону.

Розглянемо методику розрахунку залізобетонної балки прямокут-

ного перерізу з одиничним армуванням (рис.1). Враховуючи стан перерізу “без тріщин” та використовуючи гіпотезу плоских перерізів (рис.1, а), можна записати:

$$\varepsilon_{cII} = \varepsilon_{sII} = \frac{\varepsilon_{stu}}{h-x} (h-x-a); \quad (4)$$

$$\varepsilon_{cII} = \frac{\varepsilon_{stu}}{h-x} x, \quad (5)$$

де x – висота стиснутої зони бетону.

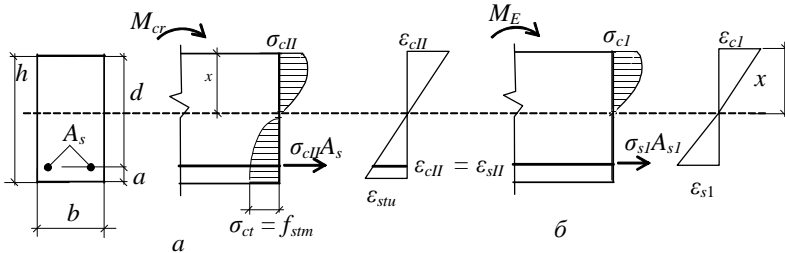


Рис.1 – Напружено-деформований стан прямокутного перерізу:
а – в граничному стані “без тріщин”; б – в стані “із тріщинами”.

Визначивши $\varepsilon_{sII} = \varepsilon_{cr}$ і ε_{cII} , можна знайти напруження в розтягнутій арматурі перед утворенням тріщин σ_{sr} , момент тріщиноутворення M_{cr} та кривизну χ_{II} . Для цього необхідно визначити висоту стиснутої зони бетону x , виходячи з умови рівноваги внутрішніх зусиль в перерізі, тобто із умови

$$S_{cII} = S_{ctII} + S_{sII}, \quad (6)$$

де S_{cII} , S_{ctII} , S_{sII} – відповідно внутрішні зусилля в стиснутій і розтягнутій зонах бетону та в розтягнутій арматурі.

Використовуючи залежність між напруженнями і деформаціями в бетоні при стиску і розтягу у вигляді поліному п'ятого ступеня [1], умову (6) можна записати у вигляді [5]:

$$f_{ck} b z_1 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{cII}}{\varepsilon_{c1}} \right)^k = f_{ctm} b (h - z_1) \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_{cII}}{\varepsilon_{ctu}} \right)^k + E_s A_s \frac{\varepsilon_{stu}}{h - z_1} (h - z_1 - a). \quad (7)$$

Коефіцієнти залежності « $\sigma_c - \varepsilon_c$ » приймаються згідно з [1] для другої групи граничних станів. В рівнянні (7) $z_1 = x$ являє собою фіксоване значення висоти стиснутої зони, яким попередньо задаються. Якщо рівність (7) виконується з заданою точністю m , яку можна прийняти $\pm 2\%$ або $\pm 5\%$, то можна вважати, що значення ε_{cII} і ε_{sII} визначені. Якщо рівність (7) не виконується, то необхідно уточнити значення z_1 , визначити за формулами (4) і (5) нові значення ε_{cII} і ε_{sII} і знову перевірити рівняння (7). В першому наближенні можна прийняти $z_1 = 0,5d$ і в подальшому змінювати його на величину $\pm iz_1$, де i – прийнятий крок зміни значення z_1 (можна прийняти $i = 0,05$).

За кінцево знайденими значеннями z_1 , ε_{cII} і ε_{sII} можна визначити: напруження в арматурі перед утворенням тріщин

$$\sigma_{sr} = \varepsilon_{sII} E_s ; \quad (8)$$

момент тріщиноутворення M_{cr} за формулою [5]

$$M_{cr} = f_{ck} b z_1^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{cII}}{\varepsilon_{cI}} \right)^k + f_{ctm} b (h - z_1)^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{cII}}{\varepsilon_{ctu}} \right)^k + E_s A_s \frac{\varepsilon_{stu}}{h - z_1} (h - z_1 - a)^2 . \quad (9)$$

Також можна визначити кривизну балки в стані “без тріщин”

$$\chi_{II} = \frac{\varepsilon_{cII} + \varepsilon_{sII}}{d} . \quad (10)$$

Визначення кривизни балки χ_I в стані перерізу “з тріщинами”.

Значення χ_I визначимо при дії експлуатаційного навантаження, яке викликає в перерізі згинальний момент M_{Ee} . Переріз розглядається в стані “із тріщинами” (рис.1, б). В цьому стані невідомі висота стиснутої зони бетону x , деформації стиснутого бетону ε_{cI} та розтягнутої арматури ε_{sI} . Таку задачу можна вирішити наступним чином.

Задаючись з певним кроком зміною деформацій стиснутої зони бетону ε_c , методом ітерацій знайти відповідні значення деформацій розтягнутої арматури ε_s та величину згинальних моментів M , що відповідають заданим деформаціям ε_c . Наприклад, змінювати деформації бе-

тону ε_c від 0 до ε_{c1} через $0,1\varepsilon_{c1}$. За отриманими даними можна побудувати графіки залежностей між M і ε_c та ε_s . З найдених графіків визначаються аналітично або графічно ε_{c1} та ε_{s1} при дії зовнішнього моменту $M = M_{Ee}$.

При фіксованих значеннях ε_c і $z_1 = x$ згинальний момент внутрішніх зусиль можна визначити за формулою [5]

$$M_s = f_{ck} b z_1^2 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^k + \varepsilon_s E_s A_s (d - z_1), \quad (11)$$

при цьому повинна виконуватися умова

$$f_{ck} b z_1 \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^k = \varepsilon_s E_s A_s. \quad (12)$$

При заданому ε_c задача на кожному етапі вирішується методом послідовного наближення значень z до тих пір, поки буде виконуватися умова (12) із заданою точністю.

В формулах (11) і (12) значення ε_s визначаються за гіпотезою плоских перерізів

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_c}{z_1} (d - z_1). \quad (13)$$

Напруження в арматурі σ_s при дії експлуатаційного моменту визначаються за формулою

$$\sigma_{s1} = \varepsilon_{s1} E_s, \quad (14)$$

а кривизна балки в стані I “із тріщинами” – за формулою

$$\chi_1 = \frac{\varepsilon_{c1} + \varepsilon_{s1}}{d}. \quad (15)$$

Визначення прогину балки. Узагальнена кривизна балки χ визначається за формулою (1) з урахування формули (2).

Прогин балки обчислюється за формулою будівельної механіки у вигляді:

$$f = s \chi l^2, \quad (16)$$

де l – розрахунковий проліт балки; s – коефіцієнт, який залежить від

способу обпирання балок та характеру навантаження.

Алгоритм розрахунку прогинів. Вихідні дані: згинальний момент від зовнішнього експлуатаційного навантаження – M_{Ee} ; розрахунковий прольот – l ; геометричні характеристики поперечного перерізу – h, b, d, a, A_s ; механічні і деформаційні характеристики бетону – $f_{ctm}, f_{ck}, E_{ck}, \varepsilon_{cl}; \alpha_k$; механічні і деформаційні характеристики арматури – $f_{yk}, E_s, \varepsilon_{ud}$.

Послідовність розрахунку:

1. Визначається граничне значення деформації розтягу в бетоні за формулою (3).
2. З урахуванням співвідношень (4) і (5) визначається висота стиснутої зони бетону $z_1 = x$ і знаходяться деформації в стиснутому бетоні ε_{cl} і розтягнутій арматурі ε_{sl} .
3. За формулою (8) знаходиться значення σ_{sr} .
4. За формулою (9) визначається момент тріщиноутворення M_{cr} .
5. Знаходиться кривизна в стані поперечного перерізу “без тріщин” за формулою (10).
6. За допомогою спільного рішення рівнянь (11) і (12) будуються графіки залежності між “ $M - \varepsilon_c$ ” та “ $M - \varepsilon_s$ ”.
7. За графіками знаходяться значення ε_{cl} і ε_{sl} , які відповідають дії моменту від експлуатаційного навантаження M_{Ee} .
8. Визначивши ε_{cl} і ε_{sl} , за формулою (15) знаходиться кривизна в стані перерізу “із тріщинами”, а за формулою (14) - напруження в розтягнутій арматурі σ_{sl} .
9. За формулою (2) визначається коефіцієнт зниження жорсткості ξ .
10. За формулою (1) визначається узагальнена кривизна балки.
11. За формулою (16) визначається прогин балки.

Приклад. Вихідні дані. Згинальний момент від експлуатаційного навантаження $M_{Ee} = 140$ кНм. Матеріал балки – бетон класу C20/25; арматура класу A400C; розрахунковий проліт $l = 5,0$ м; геометричні характеристики поперечного перерізу – $h = 50$ см; $b = 20$ см; $d = 45,6$ см; $a = 4,4$ см; $A_s = 12,32$ см² (2Ø28 A400C); механічні і деформаційні характеристики бетону – $f_{ck} = 18,5$ МПа; $f_{ctm} = 2,2$ МПа; $E_{ck} = 26000$ МПа; $\varepsilon_{cl} = 171 \times 10^{-5}$, коефіцієнти діаграми деформування бетону –

$a_1=2,667$; $a_2 = -2,5452$; $a_3 = 1,1148$; $a_4 = -0,2631$; $a_5 = 0,02652$, механічні і деформаційні характеристики арматури – $f_{yk} = 400\text{МПа}$; $E_s=2,1 \times 10^5\text{МПа}$; $\varepsilon_{ud} = 0,025$;

Рішення. 1. За формулою (3)

$$\varepsilon_{ctII} = 2 \cdot 2,2 / 26000 = 0,000169 = 16,9 \cdot 10^{-5}.$$

2. Використовуючи залежності (4) і (5) і задаючись значенням z_1 , методом послідовних наближень з точністю $\pm 5\%$ добиваємося виконання рівності (7). Умова (7) задовольняється при значенні $x = z_1 = 24,7\text{ см}$ (розбіжність $1,29\%$).

3. При значенні $x = z_1 = 24,7\text{ см}$ за формулами (4), (5) і (8)

$$\varepsilon_{ctIII} = \varepsilon_{sII} = \frac{16,9 \cdot 10^{-5}}{50 - 24,7} (50 - 24,7 - 4,4) = 13,98 \cdot 10^{-5};$$

$$\varepsilon_{cII} = \frac{16,9 \cdot 10^{-5}}{50 - 24,7} \times 24,7 = 16,5 \cdot 10^{-5};$$

$$\sigma_{sII} = \sigma_{sr} = \varepsilon_{sII} E_s = 13,98 \cdot 10^{-5} \cdot 2,1 \cdot 10^5 = 29,4\text{ МПа}.$$

4. За формулою (9) значення моменту тріщиноутворення складає $M_{cr} = 37,11\text{ кНм}$.

5. Знаходимо кривизну в стані перерізу “без тріщин” за формулою (10)

$$\chi_{II} = \frac{\varepsilon_{cII} + \varepsilon_{sII}}{d} = \frac{16,5 \cdot 10^{-5} + 13,98 \cdot 10^{-5}}{0,456} = 66,8 \cdot 10^{-5} \text{ 1/м}.$$

6. Визначаємо значення моментів внутрішніх зусиль при зміні деформацій стиснутого бетону від $0,3\varepsilon_{cl}$ до $0,8\varepsilon_{cl}$ через $0,1\varepsilon_{cl} = 17,1 \cdot 10^{-5}$ шляхом спільного рішення рівнянь (11) і (12) і будуємо графіки залежностей " $M_s - \varepsilon_c$ " і " $M_s - \varepsilon_s$ " (рис.2).

7. За графіками (рис.2) знаходимо ε_{cl} і ε_{sl} при значенні моменту

$$M_{Ee} = 140\text{ кНм}, \text{ які виявилися рівними: } \varepsilon_{cl} = 96,68 \cdot 10^{-5}; \\ \varepsilon_{sl} = 138,99 \cdot 10^{-5}.$$

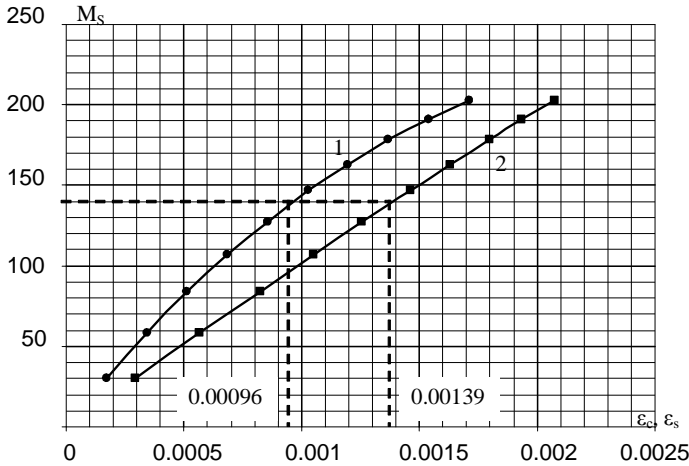


Рис.2 – Графіки залежностей " $M_s - \varepsilon_c$ " (1) і " $M_s - \varepsilon_s$ " (2).

8. Визначаємо кривизну балки в стані перерізу "з тріщинами" за формулою (15)

$$\chi_1 = \frac{\varepsilon_{cl} + \varepsilon_{sl}}{d} = \frac{(96,68 + 138,99) \cdot 10^{-5}}{0,456} = 516,82 \cdot 10^{-5} \text{ 1/м.}$$

9. Визначаємо напруження в арматурі, які відповідають дії зовнішнього навантаження M_{Ee}

$$\sigma_s = \varepsilon_{sl} E_s = 138,99 \cdot 10^{-5} \cdot 2,1 \cdot 10^5 = 291,88 \text{ МПа.}$$

10. За формулою (2) обчислюємо коефіцієнт

$$\zeta = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sII}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1 \cdot \left(\frac{29,4}{291,88} \right)^2 = 0,99.$$

11. Знаходимо кривизну χ за формулою (1)

$$\chi = \zeta \chi_{II} + (1 - \zeta) \chi_I = 0,99 \cdot 66,8 \cdot 10^{-5} + (1 - 0,99) \times 516,82 \cdot 10^{-5} = 71,3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/м.}$$

12. Визначаємо прогин балки за формулою

$$f = \chi s l^2 = 71,3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,104 \cdot 5^2 = 185,4 \cdot 10^{-5} = 1,85 \text{ см}$$

($s = 0,104$ – для вільнолежачої балки з рівномірно розподіленим навантаженням).

Таким чином, розроблена методика і алгоритм розрахунку прогинів залізобетонних балок дає можливість практично використовувати нормативні положення ДБН В.2.6-98: 2009 та ДСТУ Б В.2.6-156: 2010.

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.: Мін-во регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 166 с.

3. Бамбура А.М. Проектування бетонних і залізобетонних конструкцій за національними нормативними документами ДБН В.2.6-98:2009 та ДСТУ Б В.2.6-156:2010 / Бамбура А.М., Немчинов Ю.І., Гурківський О.Б., Безбожна М.С., Дорогова О.В., Сазонова І.Р., Івлева Н.П., Барашиков А.Я. // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. – К.: ДП НДБК, 2011. – Вип. 74. – Кн. 1. – С. 10-19.

4. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992 – 1.1: General Rules and Rules for Buildings. – Brussels: CEN, 2004. – 226 p.

5. Бабич Є.М. Розрахунок нерозрізних залізобетонних балок із використанням деформативної моделі: Рекомендації / Бабич Є.М., Бабич В.Є., Савицький В.В. – Рівне: НУВГП, 2005. – 38 с.

Отримано 09.11.2011

УДК 502.054.4

ХАЛИД ХМУД

Тикритський університет (Ірак)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ШУМОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Рассматривается влияние дорожных шумов на эффективность учебного процесса, а также исследованы различные источники шума и уровень их воздействия на различные группы людей. Полученные данные проиллюстрированы графиками.

Розглядається вплив дорожніх шумів на ефективність навчального процесу, а також досліджено різні джерела шуму і рівень їх дії на різні групи людей. Отримані дані проілюстровано графіками.

The influence of traffic noise on teaching and studying in classrooms has been considered in the article. Different sources of noise and the level of its effect on different groups of people have been investigated. The data obtained have been illustrated with pictures.

Ключевые слова: шум различных видов, аудитория, студенты.

Процесс обучения и получения знаний требует внимания и понимания. Он зависит от обеспечения соответствующих условий для каждого преподавателя и студента. Уровень спокойной обстановки является одним из самых важных элементов данного процесса.